



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> :</b> <b>G02F 1/137, 3/02, C09R 19/58</b> <b>G09G 3/36</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 91/11747</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 8 août 1991 (08.08.91)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR91/00052 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 29 janvier 1991 (29.01.91) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 90/01066 30 janvier 1990 (30.01.90) FR 90/11547 19 septembre 1990 (19.09.90) FR <b>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 15, quai Anatole-France, F-75005 Paris (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement) :</b> GHARBI, Abdelhadj [TN/FR]; Laboratoire de Physique des Solides, Bâtiment 510, Université Paris Sud, F-91405 Orsay Cédex (FR). BARBERI, Ricardo [IT/IT]; Via Vallelunga, Coop. Unitaria, I-89053 Catona (IT). DURAND, Georges [FR/FR]; 16, rue de Chateaufort, F-91400 Orsay (FR). MARTINOT-LAGARDE, Philippe [FR/FR]; 29 ter, avenue Massonat-Deroches, F-91406 Marcoussis (FR).		<b>(74) Mandataire:</b> MARTIN, Jean-Jacques; Cabinet Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR). <b>(81) Etats désignés:</b> AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US. <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>
<b>(54) Title:</b> BISTABLE ELECTROCHIRALLY CONTROLLED LIQUID CRYSTAL OPTICAL DEVICE <b>(54) Titre:</b> DISPOSITIF OPTIQUE BISTABLE A CRISTAUX LIQUIDES ET COMMANDE ELECTROCHIRALE <b>(57) Abstract</b> <p>A bistable liquid crystal optical device comprising two transparent plates (12, 14) with control electrodes (18, 19). In between said plates is placed a liquid crystal material (20) whose molecules can alternately be in at least two stable states. The device is characterized in that chiral ions are dissolved in the liquid crystal material (30) and a device (30) is provided for applying electrostatic field pulses to the device perpendicularly to the plates (12, 14), the pulses being directed alternately in one direction then in the other.</p> <div data-bbox="634 1262 1284 1556" data-label="Image"> </div> <b>(57) Abrégé</b> <p>La présente invention concerne un dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes (12, 14) pourvues d'électrodes de commande (18, 19) et entre lesquelles est placé un matériau cristallin liquide (20) dont les molécules sont susceptibles d'occuper alternativement au moins deux états stables, caractérisé par le fait que: des ions chiraux sont dissous dans le matériau cristallin liquide (20), et il est prévu des moyens (30) aptes à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaires aux plaques (12, 14), orientées alternativement dans un sens puis dans l'autre.</p>		

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MN	Mongolie
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GN	Guinée	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	GR	Grèce	NO	Norvège
BR	Brésil	HU	Hongrie	PL	Pologne
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	SD	Soudan
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TC	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	US	Etats-Unis d'Amérique
DK	Danemark				

DISPOSITIF OPTIQUE BISTABLE A CRISTAUX LIQUIDES ET COMMANDE ELECTROCHIRALE

La présente invention concerne le domaine des dispositifs optiques à cristaux liquides.

5 La présente invention a été faite au Laboratoire de Physique des Solides de l'Université de Paris Sud, laboratoire associé au CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE numéro 04 0002.

De nombreux travaux de recherche ont été conduits depuis au moins une quinzaine d'années sur les cristaux liquides.

10 Différents résultats des travaux de recherche effectués au Laboratoire de Physique des Solides de l'Université Paris Sud sont décrits dans la demande de brevet français déposée le 28 Avril 1982 sous le n° 82 07309 et publiée sous le n° 2526177, la demande de brevet français déposée le 23 Octobre 1984 sous le n° 84 16192 et publiée sous le n° 2572210, la  
15 demande de brevet français déposée le 18 Juin 1985 sous le n° 85 09224 et publiée sous le n° 2587506, la demande de brevet français déposée le 14 Mai 1986 sous le n° 86 06916 et publiée sous le n° 2598827 ou encore la demande de brevet français déposée le 17 Décembre 1987 sous le n° 87 17660 et publiée sous le n° 2624985.

20 Par ailleurs, les travaux relatifs aux cristaux liquides ont donné lieu à de nombreuses publications.

La présente invention concerne plus précisément les dispositifs optiques à cristaux liquides dits bistables, c'est-à-dire les dispositifs dans lesquels les molécules des cristaux liquides sont susceptibles d'occuper  
25 alternativement deux états stables, sous l'effet d'une commande externe. De tels dispositifs optiques bistables se prêtent en particulier à la réalisation d'afficheurs multiplexés.

Différents dispositifs optiques bistables à cristaux liquides ont déjà été proposés.

30 Le document Applied Physic Letters 40 (12) 1007 (1982) J. Cheng et al décrit par exemple un dispositif à cristaux liquides nématiques présentant deux états stables en volume commutés par un champ électrique externe de commande. Le processus décrit dans ce document n'a pas donné lieu à application pratique. Il présente un temps de commutation très lent et révèle généralement de nombreux défauts de texture.

Le document Applied Physic Letters 36, 899 (1980), N.A. Clark et al décrit un autre dispositif optique bistable utilisant des cristaux liquides dits Smectiques C\* ferroélectriques, et des ancrages de surface dégénérés. Le processus décrit dans ce document présente l'avantage d'un  
5 temps de commutation très court et a donné lieu à des applications pratiques. Il ne donne cependant pas totalement satisfaction.

En particulier, dans la pratique, on constate fréquemment qu'au lieu d'un affichage bistable entre deux états symétriques, on obtient des affichages monostables sur des textures tordues dont le contraste est  
10 mauvais et qui ne peuvent être multiplexés. Ce phénomène semble dû au fait que l'interface électrode/cristal liquide est polaire.

Le document Applied Physic Letters 11 Décembre 1989, R. Barberi, M. Boix et G. Durand décrit un autre dispositif optique bistable dans lequel la bistabilité est induite par un traitement rugueux contrôlé sur  
15 l'une au moins des électrodes transparentes et la commutation est opérée par application d'un champ électrique externe parallèle aux électrodes. Selon ce document, le traitement rugueux peut être obtenu par exemple par évaporation oblique de SiO. Ce document Applied Physic Letters est à rapprocher de la demande brevet français n° 87 17660 précitée. Le  
20 processus décrit dans le document Applied Physic Letters 11 Décembre 1989 semble prometteur. Il présente cependant l'inconvénient majeur de n'être sensible qu'à un champ électrique parallèle aux plaques transparentes du dispositif et d'être totalement insensible à un champ électrique perpendiculaire aux plaques.

25 La présente invention a maintenant pour but de proposer un nouveau dispositif optique bistable à cristaux liquides présentant de meilleures performances que la technique antérieure.

Un but important de la présente invention est de proposer un dispositif optique bistable à cristaux liquides à commutation rapide.

30 Un autre but important de la présente invention est de proposer un dispositif optique bistable à cristaux liquides conçu pour être commandé aisément par un champ électrique externe.

Ces buts sont atteints selon la présente invention grâce à un dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes pourvues d'électrodes de commande et entre lesquelles est placé un matériau cristal liquide dont les molécules sont susceptibles d'occuper alternativement deux états stables, caractérisé par le fait que :

- des ions chiraux sont dissous dans le matériau cristal liquide, et
- il est prévu des moyens aptes à appliquer, au dispositif, des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques, orienté alternativement dans un sens puis dans l'autre.

L'application alternée d'impulsions de champ électrique normal aux plaques, orienté dans un sens puis dans l'autre, permet de commuter la structure du cristal liquide entre les différents états stables.

L'effet du couplage entre les ions chiraux et le champ électrique sera précisé dans la suite de la description.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, le dispositif comprend des moyens d'alimentation électrique conçus pour appliquer successivement au dispositif :

- un signal de commande apte à casser l'ancrage du cristal liquide sur les plaques et à induire une orientation généralement homogène du cristal liquide, puis
- une impulsion de contrôle, d'amplitude plus faible que le signal de commande, et de polarité choisie selon l'état final requis.

Les perfectionnements ainsi proposés permettent notamment une commande simple par multiplexage d'un afficheur bistable.

Pour cela, selon une caractéristique avantageuse de la présente invention, le dispositif optique, dans lequel les électrodes de commande sont agencées en N lignes et M colonnes définissant une matrice de NM pixels à leurs intersections, est caractérisé par le fait que les signaux de commande sont appliqués successivement sur les N électrodes de ligne, tandis qu'à la fin de chaque signal de commande, des impulsions de contrôle de polarité respectivement choisie, sont appliquées simultanément sur l'ensemble des M électrodes de colonne.

Les impulsions nécessaires au multiplexage du dispositif à cristal liquide sont ainsi beaucoup plus simples que celles utilisées par le passé, notamment pour le multiplexage des smectiques ferroélectriques C\*.

Des exemples de signaux de commande jusqu'ici proposés pour  
5 les smectiques ferroélectriques C\* sont décrits dans les documents suivants : 1) J.M. Geary, Proceedings of SID'85, pp. 128-130 (1985), 2) S.T. Lagerwall, J. Wahl and N.A. Clark, Proceedings of International Display Research Conference, Ferroelectric Liquid Crystals for Displays, pp. 213-220 (1985), 3) S. Shimoda, K. Ito, T. Harada, M. Taguchi, K. Iwara, M.  
10 Kai, Proceedings of Japan Display'86, pp. 460-462 (1986).

Selon la présente invention, le signal de commande peut comprendre deux impulsions carré successives de polarité opposées ou encore comprendre une série d'impulsions haute fréquence.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente  
15 invention, l'amplitude du signal de commande est comprise entre 1 et 100 volts, typiquement entre 10 et 20 volts, tandis que la durée du signal de commande est supérieure à 1  $\mu$ s, typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu$ s.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, l'amplitude des impulsions de contrôle est comprise entre 0,1 et  
20 10 volts, typiquement entre 0,1 et 5 volts, tandis que la durée des impulsions de contrôle est supérieure à 10  $\mu$ s, typiquement comprise entre 25 et 50  $\mu$ s.

Le début des impulsions de contrôle peut coïncider avec la fin du signal de commande.

25 En variante, le début des impulsions de contrôle peut précéder la fin du signal de commande.

Il est important que les impulsions de contrôle persistent après la fin du signal de commande pendant au moins 10 à 50  $\mu$ s.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente  
30 invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique générale d'un dispositif optique conforme à la présente invention,
- les figures 2, 3 et 4 représentent différents diagrammes et courbes illustrant le fonctionnement de ce dispositif,
- 5 - la figure 5 représente schématiquement l'application du dispositif au cas d'un afficheur nématique bistable,
- la figure 6 représente une courbe  $V(\tau)$  relevée sur ce même dispositif.
- la figure 7 représente schématiquement un exemple de signaux de commande et de signaux de contrôle conformes à la présente invention,
- 10 - la figure 8 représente sous forme de tableau, les différents états obtenus en fonction des signaux de contrôle appliqués,
- la figure 9 représente schématiquement un afficheur matriciel commandé par multiplexage conformément à la présente invention,
- la figure 10 représente une vue schématique générale d'une variante de
- 15 réalisation d'un dispositif optique conforme à la présente invention,
- la figure 11 et la figure 12 représentent schématiquement deux textures susceptibles d'être occupées par les molécules de cristal liquide dans le cadre de cette variante,
- la figure 13 illustre la polarisation de la lumière, et
- 20 - les figures 14 et 15 représentent deux courbes  $B(p)$  et  $X(p)$  relatives à cette polarisation.

#### STRUCTURE DU DISPOSITIF

La structure de base connue du dispositif optique utilisé comprend comme représenté schématiquement sur la figure 1 annexée une

25 cellule 10 formée de deux plaques transparentes parallèles 12, 14, par exemple en verre, séparées par une cale d'épaisseur constante (non représentée sur la figure 1) et entre lesquelles est placé un matériau cristal liquide 20.

Les plaques 12, 14 sont pourvues sur leurs surfaces internes en regard, adjacentes au cristal liquide, d'électrodes électriquement conduc-

30 trices et optiquement transparentes. Une telle électrode est représentée schématiquement sous forme d'une bande 18, pour la plaque 14, sur la figure 1. L'électrode homologue prévue sur la plaque 12 est référencée 19.

Des moyens d'alimentation électrique 30 sont reliés entre les électrodes prévues sur les deux plaques 12, 14, pour appliquer un champ électrique contrôlé sur le matériau cristal liquide 20.

CARACTERISTIQUES DE L'INVENTION

Plus précisément, le dispositif optique conforme à la présente invention présente trois caractéristiques essentielles :

- il possède une bistabilité, c'est-à-dire que les molécules de cristal liquide sont susceptibles d'occuper alternativement au moins deux états,
- des ions chiraux sont dissous dans le matériau cristal liquide, et
- les moyens d'alimentation électrique 30 sont couplés aux électrodes 18, 19 de manière à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques, orienté alternativement dans un sens puis dans l'autre.

La bistabilité peut avoir différentes origines.

La bistabilité peut être due à un traitement de surface des plaques 12, 14.

Ce traitement de surface peut être formé par exemple du dépôt d'un polymère sur les surfaces internes en regard des plaques 12, 14 suivi de deux frottements du polymère inclinés entre eux.

Le traitement de surface peut être formé par contrôle de la rugosité de la surface des plaques 12, 14 (contrôle de l'épaisseur de la rugosité et de son incidence moyenne ou longueur d'onde moyenne) comme enseigné dans la demande de brevet français n° 87 17660 publiée sous le n° 2624985.

La bistabilité peut encore être due aux propriétés du cristal liquide ; il peut s'agir par exemple de Smectiques C non ferroélectriques.

La bistabilité peut également être obtenue par la combinaison d'un traitement de surface associée aux propriétés du cristal liquide.

Des exemples sont donnés par la suite pour illustrer ces diverses variantes.

Le cristal liquide 20 utilisé dans le cadre de l'invention peut être un nématique, un cholestérique, un smectique C non ferroélectrique ou un smectique C\* ferroélectrique.

Dans le cadre de la présente demande le signe de la chiralité est défini par le signe de l'hélice cholestérique obtenue en dissolvant l'ion chiral dans le cristal liquide nématique 5CB, comme expliqué dans le document J. Phys. (France) 50, 1099 (1989).



Ce document montre que l'on peut déplacer la chiralité en volume sous l'action d'un champ électrique continu mais ne révèle pas l'action transitoire en surface sur les surfaces bistables dues à des impulsions de champ électrique.

5 Les ions chiraux ajoutés au cristal liquide peuvent être formés de nombreux composés connus présentant des propriétés chirales.

Parmi ces composés on citera à titre d'exemples :

- les composés suivants ayant des propriétés chirales de signe positif (chiralité vis française) :

- 10 . bromure de benzyl quinium (BBQ)  
    . chlorure de benzyl quinium (CBQ)  
    . chlorhydrate d'ester éthylique d'alanine

- les composés suivants ayant des propriétés chirales de signe négatif (chiralité vis anglaise) :

- 15 . acide phényllactique  
    . phényllactate de potassium

#### FONCTIONNEMENT

La commande de l'orientation des molécules de cristaux liquides se fait en surface et non en volume, par application des impulsions  
20 de champ électrique par les moyens 30.

Le principe de l'action des ions chiraux sur la surface est le suivant.

En l'absence de champ électrique, les ions chiraux, compensés électriquement par leurs contre-ions, forment un ensemble homogène et  
25 neutre dans une cellule cristal liquide 20 placée entre les deux plaques 12, 14.

Supposons que le matériau cristal liquide soit un nématique, qu'on utilise un seul type d'ion chiral et que, les plaques 12 et 14 soient traitées pour favoriser un ancrage planaire, parallèle aux électrodes, dans  
30 une direction  $\vec{p}$ . La chiralité étant répartie, le nématique devient un cholestérique, c'est-à-dire possède une torsion spontanée. Supposons que cette torsion corresponde à un tour complet de l'azimut (mesuré dans le plan des électrodes par rapport à  $\vec{p}$ ) pour l'épaisseur  $d$  entre les plaques 12, 14.

L'angle  $\phi(d)$  est alors une simple dépendance linéaire comme représenté en trait plein sur la figure 2.

Lorsque le champ électrique est appliqué par les moyens 30, les ions chiraux sont entraînés vers l'une des électrodes, selon leur polarité, où ils s'accumulent sur une épaisseur  $a \ll d$ .

5 A l'équilibre la torsion  $2\pi = 360^\circ$  est alors concentrée au voisinage d'une électrode, sur l'épaisseur  $a$  qui devient le pas du cholestérique concentré. Aucun couple n'est transmis aux plaques lorsque la région cholestérique (0, a) et la région suivante nématique (a, d) sont dans leur état d'équilibre.

10 Cependant, si le transport des ions est assez rapide, on obtient une situation transitoire hors d'équilibre où l'angle du cholestérique reste  $\phi_0 \ll 2\pi$  (fig. 2) au lieu de  $2\pi$ , à la jonction des deux régions. Le cholestérique commence à se former près des plaques, avec un pas très court  $a$ . Il transmet alors à la plaque adjacente et au cristal liquide dans le volume, des couples de torsion égaux et opposés, d'amplitude  
 15  $\Gamma / \text{cm}^2 = (K(2\pi)^2/a^2)xa = (K(2\pi)^2/a) (K \sim 10^{-6} \text{ cgs est la constante de courbure du nématique}).$

Le signe de ce couple est celui de l'hélice cholestérique, définit par le signe de la chiralité de l'ion. Il peut être choisi chimiquement.

20 Sur la plaque considérée, ce couple tend à faire tourner les molécules, à plat, pour les faire sortir de leur direction d'ancrage  $\vec{p}$ . Sur le volume du cristal liquide, il sert à détordre le cholestérique initial en faisant passer son azimut de  $\phi_0$  à  $2\pi$ . Ce couple va durer le temps  $\tau$  de formation de l'hélice cholestérique de pas  $a$ , défini par :  
 25  $(1/\tau) = (K(2\pi)^2/a^2)\eta$  où  $\eta \sim 0,1$  poise est une viscosité typique.

évolue donc dans le temps suivant la courbe typique de la figure 3.

Pour sortir les molécules de surface de leur direction d'ancrage  $\vec{p}$ , et les faire tourner jusqu'à une autre direction d'ancrage  $\vec{p}'$ , il faut franchir une barrière de potentiel de surface, caractérisée par un  
 30 couple de surface  $\Gamma_s$ .  $\Gamma_s$  est typiquement égal à  $K/L$  où  $L$  est de l'ordre de  $1000\text{\AA}$  pour un ancrage fort et  $1\mu\text{m}$  pour un ancrage faible. Si la condition  $\Gamma > \Gamma_s$  est réalisée pendant le temps qu'il faut pour que la surface se torde, les molécules passent en surface de la direction  $\vec{p}$  à la direction  $\vec{p}'$ . On

notera qu'il convient de choisir le bon signe de chiralité des ions pour que le sens du couple fasse tourner de  $\vec{p}$  vers  $\vec{p}'$  dans le sens de l'angle le plus faible  $< \pi/2 = 90^\circ$  (figure 4).

La relation  $\Gamma > \Gamma_s$  se traduit par la condition :

$$5 \quad K(2\pi)^2/a > K/L \text{ c'est-à-dire } a < (2\pi)^2 L \text{ ou } a \sim L.$$

Il faut accumuler les ions en pratique sur une couche d'épaisseur typique 1000 à 10000 Å. Ceci est assez facile à réaliser, puisque les ions vont s'accumuler près des électrodes pour former une bicouche de Helmholtz de quelques molécules d'épaisseur. Le temps de commutation de la surface  $\tau_s$  défini par  $(1/\tau_s) \sim (K/L^2 \eta)$  est de l'ordre du temps de formation du cholestérique puisque  $L \sim a$ . La condition temporelle pour obtenir le couple précité implique seulement que les ions soient amenés dans la couche de surface pendant un temps de transport assez court  $\tau_d < \tau$ .

15 Le temps de transport est simplement lié à la mobilité  $\mu$  des ions, dans le champ  $E = V/d$  ( $V$  est le potentiel électrique appliqué entre les deux électrodes 18, 19). Par définition, la vitesse des ions  $v$  est égale à

$$v = \mu E = \mu(V/d)$$

$\tau_d$  est donc défini par :

$$\tau_d = (d^2/\mu V)$$

20 La condition temporelle à respecter est alors

$$(d^2/\mu V) < (a^2 \eta / K(2\pi)^2)$$

qui correspond à un seuil en tension

$$V > V_s = (d^2/a^2)(K(2\pi)^2/\mu \eta) = (d^2/\mu \tau)$$

Avec les ordres de grandeur cités, les temps caractéristiques des nématiques ou des cholestériques sont de lms pour des longueurs caractéristiques  $a$  de 1  $\mu\text{m}$ . Pour  $a = L \sim 0,1 \mu\text{m}$  (1000 Å), on obtient  $\tau \sim 10 \mu\text{s}$  ( $\tau$  varie comme le carré des longueurs). Les valeurs typiques de  $\mu$  sont de l'ordre de  $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Pour une cellule d'épaisseur 1  $\mu$ ,  $V$  est ainsi de l'ordre de

$$30 \quad V \sim (d^2/\mu \tau) \sim (10^{-8}/10^{-5})10^{-5} \sim 100 \text{ Volt}$$

En fait, avec l'incertitude des données, on a  $10 \text{ Volt} < V_s < 1000 \text{ Volt}$ .

En conclusion, si on applique une impulsion de tension de l'ordre de 10 à 1000V/ $\mu$ m, typiquement de 100V/ $\mu$ m pendant un temps de l'ordre de 10  $\mu$ s ou plus, par exemple de 100 $\mu$ s, sur une cellule de cristal liquide nématique contenant un ion chiral, on produit pendant ce temps  
 5 transitoire un couple de torsion sur la surface de l'électrode qui est capable de casser l'ancrage d'orientation le plus fort réalisable actuellement connu des inventeurs.

Le seuil  $V_s$  est en principe indépendant de la concentration puisqu'il est lié seulement au phénomène de transport. L'influence de la  
 10 concentration des ions chiraux est cachée dans l'angle initial de rotation de la cellule ( $2\pi$  dans l'exemple donné ici) qui correspond à une concentration  $C_0$  d'ion chiral. Une plus forte concentration  $C = xC_0$  va donner des rotations  $x$  fois plus grandes, donc un pas  $x$  fois plus petit. Les ions sont concentrés dans une épaisseur  $a$ . Le pas du cholestérique dans cette région  
 15 est  $a/x$ . Le couple cholestérique de densité  $kx^2/a^2$  intégré dans l'épaisseur  $a$  donne un couple de surface  $\sim x^2 \Gamma_{\max}$ . La relation  $\Gamma > \Gamma_s$  donne maintenant  $a \ll x^2 L$ . Si  $a$  est fixé on en déduit une concentration minimale  $C_m = C_0 (a/L)^{1/2}$ . En pratique, si les ions sont uniformément distribués au  
 20 départ,  $V$  va baisser en montant la concentration car on pourra n'utiliser que les ions les plus proches de l'électrode.

Le principe décrit du basculement de surface commandé par impulsions électriques permet un contrôle rapide de l'état d'une cellule à cristal liquide. Le temps d'inscription de l'information va se comparer à  
 25  $\tau$  ( $\sim 10\mu$ s). La texture cristal liquide en volume suit le changement d'orientation de surface avec son temps propre  $\tau_N \sim \eta d^2 / K(\pi)^2$ , plus long que  $\tau$  puisque  $d > L$ .

La cellule se comporte comme un intégrateur de constante de temps ajustable par l'épaisseur  $d$ .

#### EXEMPLES D'APPLICATIONS

#### 30 1) AFFICHEUR NEMATIQUE BISTABLE

a) Mode de birefringence.

On peut doper un cristal liquide nématique avec deux sortes d'ions chiraux pour réaliser un mélange neutre électriquement et mécaniquement.

5 Ces deux sortes d'ions peuvent être obtenus à partir d'une molécule "bi-chirale" (contenant par exemple deux carbones asymétriques) soluble en milieu organique, facilement dissociable, et dont les deux ion et contre ion (ie de polarités électriques opposées), sont chacun chiraux et chiralement opposés l'un à l'autre (pas de vis à gauche et pas de vis à droite).

10 On peut obtenir plus simplement les deux sortes d'ions chiraux en prenant deux molécules organiques donnant chacune des ions dont un au moins est chiral, avec des signes électriques et de chiralité opposés.

Comme représenté sur la figure 5, les deux électrodes 18 et 19 sont traitées pour donner deux directions d'orientation moléculaire possibles  $\vec{p}$  et  $\vec{p}'$  parallèles deux à deux d'une plaque à l'autre, et à 45° l'une de l'autre sur une même plaque.

Initialement, le champ électrique E est nul. Le système est un nématique orienté uniformément dans un premier état le long de  $\vec{p}$ . Cet état est stable.

20 Lorsqu'une impulsion de tension est appliquée entre les électrodes 18, 19 et donc qu'un champ électrique est appliqué sur la cellule, les ions chiraux sont rapidement déplacés contre les électrodes, les ions positifs vers la cathode et les ions négatifs vers l'anode. Ils créent des couples de surface  $\Gamma_s$  de signes opposés par rapport à chaque normale orientée à chaque surface respective puisque leurs chiralités sont opposées, mais de même signe par rapport à un système de repère commun. Ce signe correspond à la rotation facile qui amène  $\vec{p}$  sur  $\vec{p}'$ , à 45°. Si V est suffisant et appliqué assez vite, les deux orientations de surface vont basculer de  $\vec{p}$  en  $\vec{p}'$  en synchronisme, en un temps très court de l'ordre de 10  $\mu$ s. Le reste  
25 du volume va suivre en un temps  $\tau_N$  lié à l'épaisseur de l'ordre de  $10^{-3}$  sec. La cellule placée entre polariseurs croisés parallèles et perpendiculaire respectivement à  $\vec{p}$ , passe de l'état noir (éteint) à l'état transparent, si l'on a choisi l'épaisseur d pour que la différence de chemin optique entre les  
30

deux polarisations ordinaire et extraordinaire soit de l'ordre de  $\lambda/2$ , comme pour les afficheurs à smectiques C\* classiques. Cette condition est facile à remplir puisque  $d = 1\mu\text{m}$ , la birefringence  $\Delta n = 0,3$  donne  $1 \sim 0,3\mu\text{m} \sim \lambda/2$ .

5 L'état final d'orientation uniforme en volume du nématique dans l'état  $\vec{p}$  est stable.

En appliquant une impulsion de tension de polarité inverse V les ions chiraux se déplacent respectivement près de l'autre électrode.

Un couple inverse est appliqué sur les molécules de cristal  
10 liquide, le système revient dans l'état  $\vec{p}$  en surface. L'état final d'orientation du nématique en volume est l'état initial uniforme  $\vec{p}$  stable.

Le système est bistable.

b) Mode guide d'onde.

On peut aussi utiliser la rotation des molécules en surface  
15 pour exciter un mode guide d'onde, entre les états  $\vec{p}$  et  $\vec{p}'$ . L'épaisseur de la cellule est choisie plus grande que  $\lambda$ , pour réaliser la condition classique de Mauguin  $d > \lambda \Delta n$ .

c) Mode d'absorption.

On peut commander par la rotation de surface, des cellules  
20 contenant un colorant dichroïque, dont l'absorption dépend de l'angle avec la polarisation de la lumière.

d) Fonctionnement multimodes.

Dans la description qui précède, il est proposé d'utiliser l'effet  
25 de torsion des ions chiraux, en champ électrique, sur des électrodes bistables.

Dans le cadre de l'invention, on peut également préparer des électrodes multistables, définies par des directions d'ancrage  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$ ,  $\vec{p}''$ , etc. Une série d'impulsions de champ électrique de même signe va faire tourner le système de  $\vec{p}$  vers  $\vec{p}'$  puis  $\vec{p}''$ . Une série d'impulsions de champ électrique  
30 de signe opposé va faire revenir le système en  $\vec{p}$ .

Pour passer par toutes les orientations possibles  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$ ,  $\vec{p}''$ , etc ..., il faut appliquer au dispositif un nombre d'impulsions égal au nombre de sauts possibles entre deux orientations adjacentes.

Ainsi dans le cas d'électrodes tristables définies par trois directions d'orientation  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$  et  $\vec{p}''$ , deux impulsions permettent de passer successivement par les trois orientations possibles. Une première impulsion de tension  $V$  permet de passer de  $\vec{p}$  à  $\vec{p}'$ . Une deuxième impulsion de tension  $V$  de même polarité permet de passer de  $\vec{p}'$  à  $\vec{p}''$ . Une impulsion de tension de polarité inverse  $-V$  permet de passer de  $\vec{p}''$  à  $\vec{p}'$ . Une deuxième impulsion de tension  $-V$ , de même polarité que l'impulsion dernière citée permet de passer de  $\vec{p}'$  à  $\vec{p}$ .

On peut ainsi réaliser des teintes de gris en étalant convenablement les directions  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$ ,  $\vec{p}''$  sur la courbe de transmission de la lame 1/2 onde constituée par le cristal liquide.

## 2) AFFICHEUR SMECTIQUE $C^*$ BISTABLE VRAI

Les afficheurs à base de smectiques  $C^*$  ferroélectriques sont bien connus de l'homme de l'art.

Certains afficheurs à smectique  $C^*$  ferroélectrique fonctionnent cependant mal, car au lieu de commuter entre deux états  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$  de façon uniforme, une des deux surfaces, polaire, préfère garder sa polarisation électrique vers le cristal liquide et ne se retourne pas. Ceci ajoute aux états uniformes et désirés  $\vec{p}\vec{p}$  et  $\vec{p}'\vec{p}'$ , les états tordus et non désirés  $\vec{p}\vec{p}'$  ou  $\vec{p}'\vec{p}$ . Pour les supprimer, les inventeurs proposent dans le cadre de l'invention de mélanger au smectique  $C^*$  une petite quantité d'ion chiral de signe convenable. Le signe électrique est choisi pour que les ions soient transportés par le champ d'affichage vers l'électrode qui ne se retourne pas, par exemple vers l'électrode qui reste dans l'état  $\vec{p}$  au cours d'un basculement désiré de  $\vec{p}\vec{p}$  vers  $\vec{p}'\vec{p}'$ . Le sens de la chiralité est lui aussi choisi pour que le couple de surface transmis sur l'électrode défectueuse fasse passer de  $\vec{p}$  à  $\vec{p}'$  par la direction facile à 45°. La concentration d'ion chiral est ajustée pour que l'effet polaire disparaisse. Par symétrie, on peut aussi retourner l'autre électrode qui reste en  $\vec{p}'$  au lieu de revenir en  $\vec{p}$ , avec les mêmes ions, qui se rassemblent maintenant à son voisinage, puisque l'impulsion électrique de contrôle a changé de signe. Le système est alors absolument bistable, les états tordus étant éliminés dynamiquement.

### 3) AFFICHEURS BISTABLES SMECTIQUES C NON FERROELECTRIQUES

La bistabilité de l'affichage dans deux états comme proposé par Lagerwaal et Ckark avec les C\* ferroélectriques dans Applied Physics Letters 36, 899, (1980) est aussi une propriété potentielle des smectiques C non ferroélectriques. Le problème avec ces smectiques est cependant que jusqu'ici on ne savait pas comment les commander électriquement pour passer d'un état à l'autre.

Dans le cadre de l'invention, il est proposé de mélanger au smectique C ordinaire non ferroélectrique le mélange d'ions chiraux neutre (électrique et chirale) décrit précédemment pour le nématique. La commutation de surface entre les états  $\vec{p}$  et  $\vec{p}'$  est contrôlée par les ions chiraux, comme pour le nématique. En l'absence de champ, le smectique non chirale reste dans un des deux états  $\vec{p}$  ou  $\vec{p}'$ . La géométrie est donc celle de Clark Lagerwaal où les couches smectiques sont normales aux électrodes. On transporte les ions chiraux positifs et négatifs par le champ E, appliqué en impulsions courtes. Le basculement de surface se produit en un temps de surface  $\tau \sim 10\mu s$  et le volume suit comme pour le nématique,  $\tau_N \sim ms$  typiquement.

### EXEMPLES DE REALISATION D'AFFICHEURS NEMATIQUES BISTABLES

#### 20 exemple 1

Les inventeurs ont testé des cellules contenant un nématique à l'ambiante (5CB) dopé par des ions chiraux de signes opposés, le bromure de benzyl quinium (BBQ) qui donne un ion positif et de chiralité "Vis française" et l'acide phenyl lactique (APL), qui donne un ion négatif et une chiralité "Vis anglaise".

Les concentrations de BBQ et d'APL étaient respectivement 0,5% et 1,8%. La cellule avait une épaisseur de  $6\mu m$ , en mode de guide d'onde présentant une surface bistable et une surface monostable. La surface bistable a été obtenue par une évaporation de SiO près de la région de la transition, comme indiqué dans le document Monkade, Boix, Durand, Europhysics Letters, 5, 697 (1988) dans un cas et par deux évaporations SiO croisées à  $45^\circ$  dans un autre cas. La deuxième orientation monostable a été obtenue de façon classique par évaporation de SiO épais à  $60^\circ$ . Les électrodes étaient de l'ITO classique sur verre. (Baltracon de Balzens).



Avant l'application d'un champ électrique, la cellule montrait deux sortes de domaines confirmant l'existence de deux états de surface possibles sur l'électrode bistable.

En appliquant le champ, les inventeurs ont observé un seuil de basculement de surface d'un état bistable à l'autre, pour des impulsions carrées de  $\pm 100V$  et  $40\mu s$ . L'échantillon devient alors homogène, montrant l'orientation de surface sélectionnée par la polarité de la dernière impulsion de commande.

Un échantillon mince, identique d'épaisseur plus faible et non contrôlée (de 2 à  $3\mu$ ), a montré une commutation à 20Volts, avec un temps de réponse minimum de surface  $\tau = 10\mu s$ .

Le temps d'établissement de la lumière, (c'est-à-dire le temps de rotation du volume  $\tau_N$ ) est beaucoup plus long que le temps  $\tau$  ( $40\mu s$ ). Il vaut de l'ordre de 50ms, temps typique de diffusion de l'orientation des surfaces vers le volume pour l'épaisseur  $6\mu m$ . Il baisse d'un facteur  $6^2 = 36$ , c'est-à-dire devient de l'ordre de 1,5ms pour une cellule  $d=1\mu m$ . Cette expérience a permis de vérifier la validité de la commande électro-chirale des états de surface.

Pour faire un afficheur bistable, les inventeurs ont également réalisé une cellule symétrique constituée du même mélange 5 CB + BBQ + APL et de deux électrodes identiques faites par deux évaporations de  $SiO$  à angle azimuthal à  $45^\circ$  l'un de l'autre, d'épaisseur évaporée  $60\text{\AA}$  (à l'angle zenithal de  $74^\circ$ ). Les orientations moyennes d'évaporation étaient parallèles. L'épaisseur de la cellule était  $6\mu m$ . Sans champ électrique, l'afficheur présente deux états planaires uniformes tournés de  $\pm 20^\circ$  par rapport à la direction moyenne d'alignement. L'angle  $\vec{pp}$  vaut donc  $40^\circ$ .

L'application d'impulsions carrées de  $V = \pm 110V$  et durant  $\tau = 40\mu s$  ou plus a permis la commutation entre ces deux états uniformes  $\vec{pp}$  et  $\vec{p'p'}$ . Une courbe  $V(\tau)$  a été mesurée : elle est reproduite en figure 6.

Cette courbe montre que  $V$  décroît faiblement quand  $\tau$  augmente, de 120V à  $30\mu s$  jusqu'à 80V à  $300\mu s$ , comme prévu. Le contraste

entre polariseurs croisés est fort ( $\sim 20$ ) sans être optimisé. Le temps d'établissement de la lumière à travers la cellule était de l'ordre de 50ms, comme dans la 1ère expérience.

5 Cette expérience démontre la faisabilité d'un afficheur à double commutation symétrique de surface.

Pour ces deux expériences, les inventeurs, ont utilisé le 5CB, qui est un corps diélectriquement positif, tendant à s'aligner le long du champ électrique appliqué. Cette orientation est utilisée secondairement dans l'afficheur, pour aider à franchir la barrière de potentiel des  
10 orientations des surfaces, plus faible pour une orientation oblique (ou homéotrope) que planaire.

L'intérêt du choix de l'anisotropie diélectrique positive pour le matériau nématique a été démontré par une expérience réalisée par les inventeurs sur une cellule similaire à celle indiquée à l'exemple 1,  
15 c'est-à-dire présentant sur une électrode, une seule orientation définie, et sur l'autre électrode, deux orientations bistables, mais comprenant comme cristal liquide nématique du EN38 de Chisso C dont l'anisotropie  $\Delta\epsilon = -7,5 = \epsilon_{//} - \epsilon_{\perp}$  est négative. Cette cellule n'a pas révélé de commutation de surface avec des impulsions aussi grandes que 140 Volts et une durée aussi grande  
20 que 2msec. En fait la commutation n'a pu alors être obtenue que sous l'effet de moyens mécaniques sous la forme d'écoulements électrohydrodynamiques induits par une excitation en courant alternatif basse fréquence.

Le caractère dynamique de l'effet électrochiral a été démontré en observant que des impulsions non carrées, à bords exponentiel  
25 de temps caractéristique  $50\mu s$  ne déclenchent pas l'effet de commutation, pour des tensions crête  $V=150\text{Volt}$ , soit des tensions supérieures au seuil  $V=100\text{Volt}$  observé pour des signaux carrés. Cette expérience confirme que dans les conditions opératoires du document J. Phys. (France) 50, 1099 (1989) on n'opère aucune action mécanique en surface.

30 Les propriétés dynamiques ainsi révélées de l'afficheur peuvent être mises à profit pour opérer une commande par multiplexage. Le temps court  $\tau$  de surface ( $\tau \sim 10\mu s$ ) permet l'inscription rapide de l'information sur une ligne. A 50Hz une image vidéo complète doit être

enregistrée en  $1/50\text{sec} = 40\text{ms}$ . La limite théorique du nombre de lignes multiplexées est donc  $40\text{ms}/10\mu\text{s} = 4000$  lignes. Le temps d'intégration du volume nématique peut être choisi plus long, par ajustement de l'épaisseur ou du matériau ; il doit se comparer au temps image  $\sim 40\text{ms}$ . Le système  
5 permet potentiellement la réalisation d'afficheurs matriciels vidéo multiplexés à haute définition.

#### MOYENS DE COMMANDE PERMETTANT UN MULTIPLEXAGE

On a décrit précédemment un dispositif optique à cristal liquide comprenant des ions chiraux dissous dans le matériau cristal liquide  
10 et des moyens d'alimentation électrique aptes à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques.

De préférence, le dispositif comprend plus précisément deux sortes d'ions chiraux chiralement opposés l'un à l'autre (pas de vis à gauche et pas de vis à droite).

15 Lorsqu'une impulsion de tension est appliquée entre les électrodes du dispositif, et donc qu'un champ électrique est appliqué perpendiculairement aux plaques, les ions chiraux sont déplacés contre les électrodes, les ions positifs vers la cathode et les ions négatifs vers l'anode.

Les chiralités de ces ions chiraux sont de signes opposés par rapport à chaque normale orientée à chaque surface respective puisque  
20 leurs chiralités sont opposées, mais de même signe par rapport à un système de repère commun.

Une impulsion de tension de polarité donnée permet ainsi de faire passer le cristal liquide d'un premier état stable dans un second état  
25 stable.

Une impulsion de tension de polarité opposée permet de faire passer le cristal liquide inversement du second état stable vers le premier état stable.

Ces deux états stables sont dénommés A et B par la suite.  
30 Comme indiqué précédemment, pour contrôler l'état du dispositif optique à cristal liquide, les inventeurs proposent en variante d'appliquer successivement au dispositif :

- 1) un signal de commande apte à casser l'ancrage du cristal liquide sur les plaques et à induire une orientation généralement homogène du cristal liquide, puis
- 2) une impulsion de contrôle, d'amplitude plus faible que le signal de commande, et de polarité choisie selon l'état final requis.

De préférence, le signal de commande, qui génère un champ électrique normal aux plaques, définit une orientation homogène, homéotrope, par couplage avec les molécules d'un matériau cristal à anisotropie diélectrique positive.

Un exemple de signaux successifs de commande et de contrôle conformes à la présente invention est représenté sur la figure 7 annexée.

On aperçoit sur la figure 7 annexée un signal de commande Ca suivi d'une impulsion de contrôle Co.

Le signal de commande Ca est appliqué au temps 1 et se termine au temps 2. Il dure le temps  $\tau$ .

Le signal de commande Ca est formé d'une succession d'impulsions de polarités opposées (deux impulsions Ca1 et Ca2 selon la figure 7) ayant pour fonction de briser l'ancrage des molécules cristal liquide sur les plaques et de définir une texture sensiblement homogène du cristal liquide, de préférence homéotrope, tout en conservant une répartition sensiblement homogène des ions chiraux dans la cellule.

Le signal de commande doit pour cela avoir une amplitude V qui dépasse un seuil  $V_s$  fonction du temps  $\tau$  d'application, soit

$$|V| > V_s(\tau).$$

En pratique, l'amplitude du signal de commande Ca est de préférence compris entre 1 et 100 volts, typiquement 10 et 20 volts.

Par ailleurs, la durée  $\tau$  du signal de commande Ca est avantageusement supérieure à 1  $\mu$ s, typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu$ s.

Le signal de commande Ca peut être un signal haute fréquence.

Selon la présente invention, le signal de commande Ca est suivi d'une impulsion Co, dite de contrôle, d'amplitude  $\pm v$ , inférieure à  $V_s(\tau)$ .

L'amplitude  $|v|$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  peut être faible.

En pratique, on peut prendre

$0,1 \text{ volt} < v < 10 \text{ volts}$ , typiquement

$0,1 \text{ volt} < v < 5 \text{ volts}$ .

- 5 L'impulsion de contrôle  $Co$  est maintenue entre les temps 2 et 3, c'est-à-dire pendant un temps  $\tau'$  avec  $10 \mu s < \tau' < \infty$  typiquement  $\tau'$  est compris entre  $25 \mu s$  et  $50 \mu s$ .

- 10 L'impulsion de contrôle  $Co$  permet de contrôler la polarité du champ dans la cellule entre les instants 2 et 3 où le système va commuter de l'orientation homéotrope homogène obtenue par le signal de commande  $Ca$  d'amplitude  $V$  à l'instant 2, vers l'un des états  $A$  ou  $B$ .

L'impulsion de contrôle  $Co$  permet en effet, selon sa polarité, d'attirer un premier type ou second type d'ions chiraux vers une première plaque et inversement pour la seconde.

- 15 En utilisant une excitation successivement par un signal de commande  $Ca$  et une impulsion de contrôle  $Co$  conformes à la présente invention, comme indiqué sur la figure 7, on constate les effets suivants.

- 20 Supposons un système qui commute de l'état  $A$  vers l'état  $NB$  sous l'effet d'une impulsion de commande unique positive d'amplitude  $V$ , en l'absence d'impulsion de contrôle indiqué précédemment, et qui inversement commute de l'état  $B$  vers l'état  $A$  sous l'effet d'une impulsion de commande unique négative, en l'absence d'impulsion de contrôle.

- 25 Selon la présente invention, après un signal de commande  $Ca$ , une impulsion de contrôle positive  $Co$  entraîne le basculement de  $A$  vers  $B$  et une impulsion de contrôle négative  $Co$  entraîne le basculement de  $B$  vers  $A$ .

Finalement, l'état obtenu après retour à l'équilibre ne dépend que de la polarité de l'impulsion de contrôle  $Co$ .

- 30 Les moyens proposés par la présente invention permettent donc de séparer les fonctions : le signal de commande  $Ca$  d'amplitude  $V$  casse l'orientation de surface, et l'impulsion de contrôle  $Co$  contrôle par son signe l'état final  $A$  ou  $B$ .

La table de commutation obtenue est donnée sur la figure 8 où on a supposé  $|V| > V_s(\tau)$ .

APPLICATION AU MULTIPLEXAGE D'UN AFFICHEUR NEMATIQUE BISTABLE

5 Les moyens précités permettent un contrôle simple de l'afficheur, par multiplexage.

Supposons comme représenté schématiquement sur la figure 9, un afficheur matriciel comprenant N électrodes de ligne référencées 18-1 à 18-N sur une première plaque et M électrodes de colonne référencées 19-1 à 19-M sur la seconde plaque.

Chaque pixel défini par l'intersection d'une électrode de ligne et d'une électrode de colonne est identifié par ses coordonnées i, j.

Le procédé de multiplexage conforme à la présente invention est le suivant.

15 On ouvre successivement chaque ligne 18-1 à 18-N, par exemple la ligne i, en l'excitant par un signal de commande Ca d'amplitude  $V(|V| > V_s(\tau))$ . Le signal de commande Ca est appliqué sur la ligne i selon l'illustration schématique de la figure 9, les autres lignes ne reçoivent pas de signal ( $V=0$ ). A la fin de l'excitation par le signal de commande V, toute la ligne i est effacée, les molécules du cristal liquide prennent une orientation homéotrope.

On envoie ensuite en parallèle des impulsions de contrôle Co d'amplitude  $\pm v$  sur toutes les colonnes M simultanément, suivant l'état désiré des différents pixels, i, j ( $1 \leq j \leq M$ ) de la ligne i. Les impulsions de contrôle Co d'amplitude  $\pm v$  sont appliquées juste à la fin du signal de commande Ca d'amplitude V. Les pixels i, j ( $1 \leq j \leq M$ ) de cette ligne sont alors placés dans les états A ou B, suivant le signe de la petite impulsion de contrôle v. Les autres lignes, non ouvertes ( $V=0$ ), sont sensibles à l'impulsion de contrôle Co et conservent leurs états A ou B. Pour plus de commodité, on pourra commencer l'application de l'impulsion de contrôle Co avant la fin du signal de commande Ca. L'important est que l'impulsion de contrôle Co persiste 10 à 50  $\mu s$  après la fin du signal de commande Ca.

Après la ligne  $i$ , on ouvrira successivement les lignes  $i+1$ ,  $i+2$ , etc., qui seront effacées et réinscrites, pour tracer la nouvelle image. Chaque ligne est donc successivement effacée, par un signal de commande  $C_a$  d'amplitude  $V$  pendant le temps  $\tau$ , et réinscrite par une impulsion de contrôle  $C_o$  d'amplitude  $v$  pendant le temps  $\tau'$  qui succède à  $\tau$ . Le temps total pour effacer et inscrire une ligne est donc, selon le procédé précité :  $\tau + \tau'$ , ajustable en variant le signal de commande  $C_a$  et l'impulsion de contrôle  $C_o$ . Le temps total pour effacer et inscrire une image complète est alors  $N(\tau + \tau')$ .

Cependant, on peut avantageusement ouvrir la ligne  $i+1$  avec un signal de commande  $C_a$ , pendant le temps  $\tau'$  d'inscription de la ligne précédente  $i$  avec des impulsions de contrôle  $C_o$ . Le temps total d'inscription d'une image complète est alors seulement  $N \times \tau$  au lieu de  $N(\tau + \tau')$ .

En conclusion, le système d'afficheur bistable, décrit précédemment peut être multiplexé très simplement grâce aux moyens proposés par la présente invention.

Pour cela, on excite séquentiellement chaque électrode de ligne par un signal de commande alternatif  $C_a$  d'amplitude  $V$  compris entre 1 et 100 volts, typiquement 10 et 20 volts de durée supérieure à 1  $\mu s$ , typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu s$ , qui casse l'orientation de surface et efface la ligne.

On applique juste après le signal de commande  $C_a$ , une impulsion de contrôle  $C_o$  d'une amplitude  $v$  comprise entre 0,1 et 10 volts, et de durée supérieure à 10  $\mu s$ , typiquement comprise entre 25 et 50  $\mu s$ , en parallèle sur toutes les colonnes. L'état final des pixels ne dépend que de la polarité de l'impulsion de contrôle  $C_o$ .

En pratique, on peut alors prendre une impulsion de contrôle  $C_o$  ayant une amplitude de l'ordre de 0,1 volt.

L'excitation séquentielle des lignes est poursuivie pour balayer toute l'image.

Ce procédé de multiplexage conforme à la présente invention est beaucoup plus simple que ceux proposés précédemment pour le multiplexage des smectiques ferroélectriques smectiques C\*. Pour ces derniers, en effet, on utilise généralement, outre une impulsion d'effacement, une double impulsion d'écriture, toutes ces impulsions (4 par exemple), étant à forte tension. Le procédé conforme à la présente invention n'utilise qu'une "forte" tension V de commande, et une faible tension  $\pm v$  de contrôle.

VARIANTE ILLUSTRÉE SUR LES FIGURES 10 ET SUIVANTES.

On a décrit précédemment un nouveau dispositif d'affichage bistable à cristal liquide nématique, utilisant deux états d'orientation de surface distincts p et p' sur chaque électrode, c'est-à-dire deux ancrages non alignés. La commutation entre ces deux états est commandée par une impulsion de champ électrique qui casse d'abord l'ancrage de surface, au-delà d'une valeur de seuil. Vu la symétrie des deux orientations faciles de la surface, le cristal liquide non dopé revient au hasard vers l'un ou l'autre des deux états de surface. En présence d'ions chiraux, la dégénérescence est levée, le nématique, en retournant vers l'équilibre, prend une orientation de surface tournée de p vers p' avec l'ion de chiralité  $> 0$  et de p' vers p avec l'ion de chiralité  $< 0$ . Le signe des chiralités est lié au signe des charges électriques des ions, et donc à la direction (signe) du champ électrique.

Les inventeurs proposent en outre une autre variante de dispositif, similaire au précédent, en ce qui concerne la bistabilité, l'emploi d'un nématique, son dopage par ion chiral et la cassure des orientations de surface, en utilisant un nématique d'anisotropie diélectrique positive. Toutefois cette variante du dispositif se distingue du précédent, par le fait qu'elle utilise des ancrages nématiques simples et non doubles, mais de force différente sur les deux électrodes. Ces ancrages définissent deux textures bistables en volume, mais de torsion différente. La commutation entre ces deux textures est produite par une rotation de  $180^\circ$  sur une seule électrode, par le mécanisme électrochiral déjà décrit. La détection du contraste optique nécessaire à l'affichage est faite en utilisant, suivant les cas, le pouvoir rotatoire, l'ellipticité ou la réflexion de la lumière.

On va maintenant procéder à une description plus détaillée de cette nouvelle variante.



Le dispositif représenté sur la figure 10 comprend une cellule de cristal liquide 10, dopée par des ions chiraux, et une substance cholestérique non ionique, pour ajuster éventuellement une torsion spontanée des textures, (voir plus loin). Les électrodes 18, 19 sont réalisées sur des lames de verre 12, 14 traitées ITO, pour être conductrices et transparentes. Les surfaces des électrodes 18, 19 sont traitées pour obtenir une seule orientation planaire (molécules dans le plan des électrodes) ou quasi planaire (molécules obliques, mais de projection F définie dans le plan). Ceci peut être réalisé par exemple par une évaporation oblique de SiO<sub>2</sub>, suivant un procédé classique. On peut ainsi utiliser d'autres procédés, par exemple un polymère frotté. Le traitement sur la surface des électrodes doit être adapté pour obtenir un ancrage planaire fort sur une des deux électrodes 18, 19 (il sera peu sensible au champ électrique) et un ancrage plus faible sur l'autre électrode (qui sera la plus sensible au champ électrique). Ces deux orientations quasi planaires sont de préférence parallèles l'une à l'autre.

L'épaisseur de la cellule qui correspond à la distance entre les deux électrodes 18, 19 et donc à la distance entre les deux orientations planaires précitées est typiquement  $d = 4\mu\text{m}$ .

Les inventeurs ont réalisé des essais avec un nématique formé de 5CB (pentylcyanobiphenyl) qui a une anisotropie diélectrique positive et qui s'oriente donc le long du champ appliqué E. Le dopage en ions chiraux était constitué d'un mélange de 0,21% en masse d'acide phenyl lactique et de 0,04% en masse de Bromure de Benzyl quininium. On a dissout dans ce mélange 15% en masse 4-cyano-4'-methyl-2butyloxy-biphenyl pour donner une torsion spontanée au mélange d'un quart de tour sur l'épaisseur d (le transformant en cholestérique). Le pas de ce cholestérique résultant était de  $16\mu\text{m}$ , donnant un quart de tour de rotation spontanée sur  $d = 4\mu\text{m}$ . En l'absence de champ, ces inventeurs ont observé dans la cellule l'une ou l'autre des deux textures suivantes :

a) Une texture uniforme planaire (ou quasi planaire), dénommée texture "u". La torsion est nulle.

b) Une texture tordue d'un demi-tour (la torsion est  $180^\circ$ ) dénommée texture "t". Cette texture "t" est représentée schématiquement sur la figure 12.

Ces deux textures ont la même énergie, car le cristal liquide, devenu cholestérique par dopage, préférerait une torsion spontanée de  $90^\circ$ , intermédiaire entre  $0$  et  $180^\circ$ .

La différence entre les textures "u" et "t" peut être observée par l'apparition, dans la texture tordue "t", de pouvoir rotatoire et d'ellipticité pour la lumière transmise, propriétés qui n'existent pas pour la texture non tordue "u". Cette ellipticité et ce pouvoir sont décrites plus loin. La cellule est alors placée entre polariseurs linéaires croisés parallèle et perpendiculaire à la direction planaire F.

Dans le cas où le pas est de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde optique  $\lambda$ , (cellule très mince, ou  $\lambda$  grand (infrarouge) on peut aussi détecter la rotation par une réflexion totale de Bragg de la lumière polarisée circulairement dans la texture "t".

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux conditions opératoires particulières précitées.

On va maintenant expliciter la commutation entre les deux textures bistables.

Pour cet exposé, on suppose que l'on part de la texture "u" qui est noire entre polariseurs croisés et on applique aux bornes de la cellule une impulsion électrique carée de  $\pm V$  pour une durée  $\tau = 100\mu s$ . ( $0 < V < 100$  volt). Le champ appliqué est  $E = V/d$ .

Pour une tension  $0 < V < 50$  volt, on n'observe pas de changement de texture.

Pour  $V > 50$  volt, on fait au contraire apparaître la texture "t", détectée par l'apparition de lumière transmise.

Si on applique une impulsion négative  $-V$  ( $0 < V < 50$  volt), la texture ne change pas. En revanche avec une impulsion négative  $50 \text{ volt} < V < 60 \text{ volt}$ , on voit disparaître la lumière transmise, on repasse de "t" en "u". Si  $V > 60 \text{ v}$ , on reste sur la texture "t" qui ne s'efface plus. En l'absence d'impulsions, les textures "u" et "t" sont stables, le système apparaît donc comme optiquement bistable.

Le comportement précédent s'explique de la façon suivante : à  $50 \text{ volt}/4\mu m$ , c'est-à-dire pour  $E \sim 12.5 \text{ volt}/\mu m$ , on casse l'orientation de surface sur l'électrode d'ancrage la plus faible. A la fin de l'impulsion (après le temps  $\tau$ ), le cristal liquide retourne à l'orientation de surface F, les ions chiraux amenés par E produisent une rotation de surface de  $180^\circ$ .

On obtient alors la texture "t" à partir de "u". En inversant le champ E, on crée un demi tour de signe opposé sur la même électrode et on retourne vers la texture "u". Il existe en fait deux textures "t<sup>+</sup>" et "t<sup>-</sup>", qui tournent de  $\pm 180^\circ$ . Ces deux textures ont des énergies différentes, à cause de la torsion spontanée créée par le dopage cholestérique. On n'en observe donc qu'une, la "t<sup>+</sup>" par exemple. Au-delà de 60volt/4 $\mu$ m, on casse la deuxième surface d'ancrage plus fort. La présence d'ions chiraux de chiralité et de signes opposés sur cette surface de plus fort ancrage empêche la torsion "u" vers "t" ou le déroulement "t" vers "u", car elle permet une rotation simultanée des deux ancrages de surface de  $180^\circ$  dans le même sens. Il est donc important pour le bon fonctionnement du dispositif d'utiliser des ancrages planaires de forces très différentes.

Pour optimiser le contraste on peut procéder comme suit.

On envoie sur la cellule de la lumière polarisée suivant la direction F d'orientation planaire de la face d'entrée, indifféremment la face d'ancrage fort ou faible.

A la sortie, la lumière est polarisée elliptiquement (figure 13). Le grand axe de l'ellipse a tourné d'un angle B. L'ellipticité est définie par l'angle X de la diagonale du rectangle qui circonscrit l'ellipse. En utilisant le document : de Vries, Acta Crystall. 4 p. 219 (1951), on peut calculer, pour le cas pratique de 5CB, qui a des indices ordinaires  $n_o = 1.55$  et extraordinaire  $n_e = 1.75$ , les angles B et X en fonction du pas du cristal liquide  $p = 2d$  des textures tordues de  $180^\circ$ . B(p) et X(p) sont données par les figures 14 et 15 pour 3 longueurs d'ondes, rouge  $\lambda_r = 6328\text{\AA}$ , verte  $\lambda_v = 5461\text{\AA}$  et bleu  $\lambda_b = 4880\text{\AA}$ . On voit que si on utilise le mode de pouvoir rotatoire, comme dans l'expérience décrite, on doit choisir un pas p qui donne B maximum, (et X faible), c'est-à-dire on doit faire une cellule de pas  $p = 2d = 5\mu\text{m}$ , donc d'épaisseur  $d = 2,5\mu\text{m}$ . Si l'on utilise un analyseur plus compliqué, elliptique par exemple pour augmenter le contraste, on a intérêt à choisir X maximum (et B faible), c'est-à-dire  $p = 6\mu\text{m}$ , donc  $d = 3\mu\text{m}$ . La cellule  $d = 4\mu\text{m}$  utilisée par les inventeurs, n'est pas optimisée mais donne cependant un contraste de 18.

En conclusion le dispositif de la variante qui vient d'être décrit en regard des figures 10 et suivantes peut être ainsi résumé.

Ce dispositif présente sur chaque surface d'électrode un ancrage unique planaire, au lieu de deux ancrages distincts, et comprend un cristal liquide nématique spontanément tordu (donc "cholestérique"). Cette cellule cristal liquide possède deux textures bistables (de même énergie), l'une uniforme "u", l'autre "t", tordue d'un demi tour. Le signe de la torsion de la texture tordue "t" par rapport à "u" est contrôlée par le signe de la torsion spontanée du cholestérique. Les ancrages planaires simples sur les deux surfaces sont choisies avec des énergies différentes. L'application d'un champ électrique impulsionnel associé aux ions chiraux, casse d'abord la surface (grâce à l'anisotropie diélectrique positive du nématique) et crée une rotation de surface de  $\pm 180^\circ$  suivant le signe du champ électrique E. Cette rotation ne se fait que sur la lame d'ancrage faible. Le signe de la rotation est donc contrôlé par le signe de E. Entre polariseurs linéaires croisés, l'état "u" est noir et l'état "t" est clair. On a donc réalisé une commutation entre deux états bistables, permettant de fabriquer un pixel pour un afficheur noir et blanc (simple ou/et matriciel). Avec un filtre coloré on réalise un affichage coloré. Dans ce cas, les épaisseurs optimales seront choisies d'après les figures 14 et 15 en fonction des longueurs d'onde  $\lambda$ .

L'avantage du dispositif est de travailler avec des ancrages simples, plus faciles à réaliser industriellement que les ancrages doubles.

Bien entendu la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation particuliers qui viennent d'être décrits mais s'étend à toutes variantes conformes à son esprit.

Ainsi par exemple, dans le cas de la variante représentée sur les figures 10 et suivantes, on peut utiliser deux ancrages planaires, l'un fort, l'autre faible, orthogonaux entre eux et non pas parallèles. Dans ce cas, on obtient deux états stables spontanément tordus. Le dopage par un cholestérique n'est alors plus nécessaire.

## RE V E N D I C A T I O N S

1. Dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes (12, 14) pourvues d'électrodes de commande (18, 19) et entre lesquelles est placé un matériau cristal liquide (20) dont les molécules sont susceptibles d'occuper alternativement au moins deux états stables, caractérisé par le fait que :

- des ions chiraux sont dissous dans le matériau cristal liquide (20), et
- il est prévu des moyens (30) aptes à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaires aux plaques (12, 14), orientées alternativement dans un sens puis dans l'autre.

2. Dispositif optique selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il présente un effet multistable, c'est-à-dire que les molécules du matériau cristal liquide (20) sont susceptibles d'occuper alternativement un nombre d'états stables supérieur à deux.

3. Dispositif optique selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation en champ électrique (30) sont conçus pour appliquer successivement un nombre d'impulsions de champ électrique perpendiculaires aux plaques égales au nombre de sauts entre deux états stables, dans un sens donné, puis un même nombre d'impulsions de champ électrique, perpendiculaires aux plaques dans le sens opposé.

4. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation (30) sont conçus pour appliquer des impulsions de tension comprises entre 10 et 1000Volts.

5. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que la durée des impulsions de champ électrique appliquées par les moyens d'alimentation (30) est inférieure à 1000 $\mu$ s, de préférence inférieur à 100 $\mu$ s.

6. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il comprend deux types d'ions chiraux présentant respectivement des polarités électriques opposées et des chiralités opposées.

7. Dispositif optique selon la revendication 6, caractérisé par le fait que les deux ions chiraux de polarités électriques et de chiralités opposées sont obtenus à partir d'une molécule chirale contenant au moins deux carbones asymétriques, soluble en milieu organique et dont les deux ions et contre-ions sont chiralement opposés l'un à l'autre.

8. Dispositif optique selon la revendication 6, caractérisé par le fait que les deux sortes d'ions chiraux sont obtenues à partir de deux molécules organiques différentes donnant chacune des ions dont un au moins est chiral avec des signes électriques et des chiralités opposées.

9. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il comprend un seul type d'ion chiral.

10. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'il comprend des ions chiraux présentant une chiralité de signe positif choisis dans le groupe comprenant : bromure de benzyl quinium (BBQ), chlorure de benzyl quinium (CBQ), chlorhydrate d'ester éthylique d'alanine.

11. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé par le fait qu'il comprend des ions chiraux présentant une chiralité de signe négatif choisis dans le groupe comprenant : acide phényllactique, phényllactate de potassium.

12. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que l'effet bistable ou multistable est obtenu par traitement de surface des plaques (12, 14).

13. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que l'effet bistable ou multistable est obtenu par différents frottements inclinés entre eux réalisés sur la surface interne des plaques (12, 14), par exemple deux frottement à 45° d'un polymère déposé sur les plaques (12, 14).

14. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait que l'effet bistable ou multistable est obtenu par contrôle de l'épaisseur et de la longueur d'onde moyenne de la rugosité sur la surface interne des plaques (12, 14).

15. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que l'effet bistable est dû aux propriétés du cristal liquide.

16. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide est un nématique.

17. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide (20) est un cholestérique.

18. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide (20) est un smectique C non ferroélectrique.

19. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide (20) est un smectique C\* ferroélectrique.

20. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide nématique (20) est dopé avec deux sortes d'ions chiraux présentant des polarités électriques et des chiralités opposées et que l'épaisseur d du dispositif séparant les deux plaques (12, 14) est choisie pour que la différence de chemin optique entre les deux polarisations ordinaire et extraordinaire soit de l'ordre de  $\lambda/2$  de sorte que le dispositif travaille en mode de biréfringence.

21. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé par le fait que l'épaisseur d du dispositif séparant les deux plaques (12, 14) est déterminée pour remplir la condition de Mauguin  $d \gg \lambda \Delta n$  afin de travailler en mode guide d'onde.

22. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé par le fait qu'un colorant dichroïque est additionné au matériau cristal liquide (20) de sorte que le dispositif travaille en mode d'absorption.

23. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 22, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide (20) présente une anisotropie diélectrique positive.

24. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 23, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation électrique sont conçus pour appliquer successivement au dispositif :

- un signal de commande (Ca) apte à casser l'ancrage du cristal liquide sur les plaques et à induire une orientation généralement homogène du cristal liquide, puis
- une impulsion de contrôle (Co), d'amplitude plus faible que le signal de commande (Ca), et de polarité choisie selon l'état final.

25. Dispositif optique selon la revendication 24, dans lequel les électrodes de commande sont agencées en N lignes (18-1 à 18-N) et M colonnes (19-1 à 19-M) définissant une matrice de NM pixels à leurs intersections, caractérisé par le fait que les signaux de commande (Ca) sont appliqués successivement sur les N électrodes de ligne, tandis qu'à la fin de chaque signal de commande, des impulsions de contrôle (Co) de polarité respectivement choisie sont appliquées simultanément sur l'ensemble des M électrodes de colonne.

26. Dispositif optique selon la revendication 24 ou 25, caractérisé par le fait que le signal de commande (Ca) comprend deux impulsions successives de polarités opposées (Ca1, Ca2).

27. Dispositif optique selon la revendication 24 ou 25, caractérisé par le fait que le signal de commande (Ca) comprend des impulsions successives de polarités opposées (Ca1, Ca2).

28. Dispositif optique selon la revendication 24 ou 25, caractérisé par le fait que le signal de commande (Ca) comprend une série d'impulsions haute fréquence.

29. Dispositif optique selon les revendications 24 à 28, caractérisé par le fait que l'amplitude du signal de commande (Ca) est comprise entre 1 et 100 volts, typiquement entre 10 et 20 volts.

30. Dispositif optique selon les revendications 24 à 29, caractérisé par le fait que la durée du signal de commande (Ca) est supérieure à 1  $\mu$ s, typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu$ s.



31. Dispositif optique selon les revendications 24 à 30, caractérisé par le fait que l'amplitude des impulsions de contrôle (Co) est comprise entre 0,1 et 10 volts, typiquement entre 0,1 et 5 volts.

5 32. Dispositif optique selon les revendications 24 à 31, caractérisé par le fait que la durée des impulsions de contrôle (Co) est supérieure à 10  $\mu$ s, typiquement comprise entre 25 et 30  $\mu$ s.

33. Dispositif optique selon les revendications 24 à 32, caractérisé par le fait que le début des impulsions de contrôle (Co) coïncide avec la fin du signal de commande (Ca).

10 34. Dispositif optique selon les revendications 24 à 32, caractérisé par le fait que le début des impulsions de contrôle (Co) précède la fin du signal de commande (Ca).

35. Dispositif optique selon les revendications 33 ou 34, caractérisé par le fait que les impulsions de contrôle (Co) persistent après  
15 la fin du signal de commande (Ca) pendant au moins 10 à 50  $\mu$ s.

36. Dispositif optique selon l'une des revendications 24 à 35 prise en combinaison avec la revendication 25, caractérisé par le fait que le début du signal de commande (Ca) sur l'électrode de ligne i+1 coïncide sensiblement avec la fin du signal de commande (Ca) sur l'électrode de  
20 ligne i.

37. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 36, caractérisé par le fait que chaque électrode (18, 19) présente deux ancrages non alignés.

25 38. Dispositif optique selon l'une des revendications 1 à 36, caractérisé par le fait que les électrodes (18, 19) présentent des ancrages simples et de forces respectivement différentes.

39. Dispositif optique selon la revendication 38, caractérisé par le fait que les ancrages simples sont planaires ou quasi planaires.

30 40. Dispositif optique selon l'une des revendications 38 et 39, caractérisé par le fait que les ancrages simples prévus respectivement sur chacune des deux plaques transparentes, sont parallèles entre eux.

41. Dispositif optique selon la revendication 40, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide est un nématique dopé par une cholestérique.

42. Dispositif optique selon l'une des revendications 38 et 39, caractérisé par le fait que les ancrages simples prévus respectivement sur chacune des deux plaques transparentes sont orthogonaux entre eux.

43. Dispositif optique selon l'une des revendications 38 à 42, caractérisé par le fait que les impulsions électrides appliquées entre les électrodes ont une amplitude comprise entre 50 et 60volts.

10

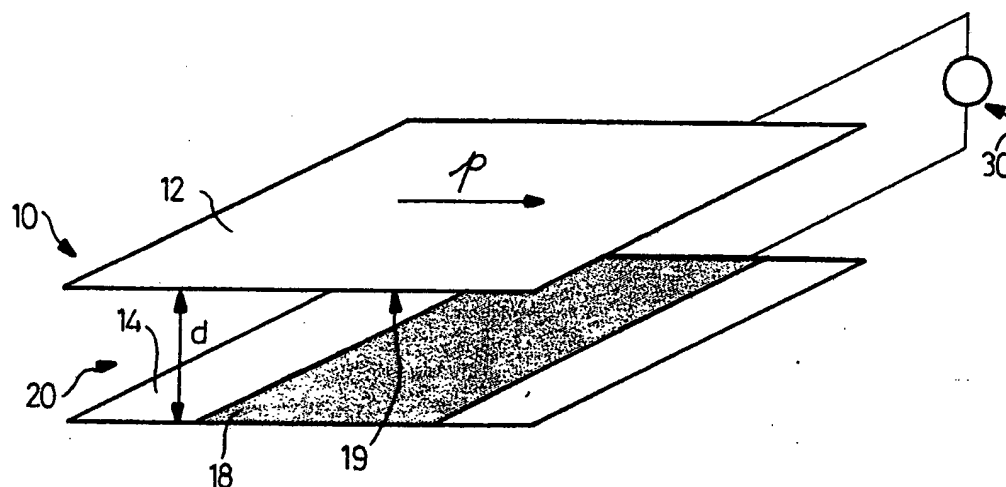
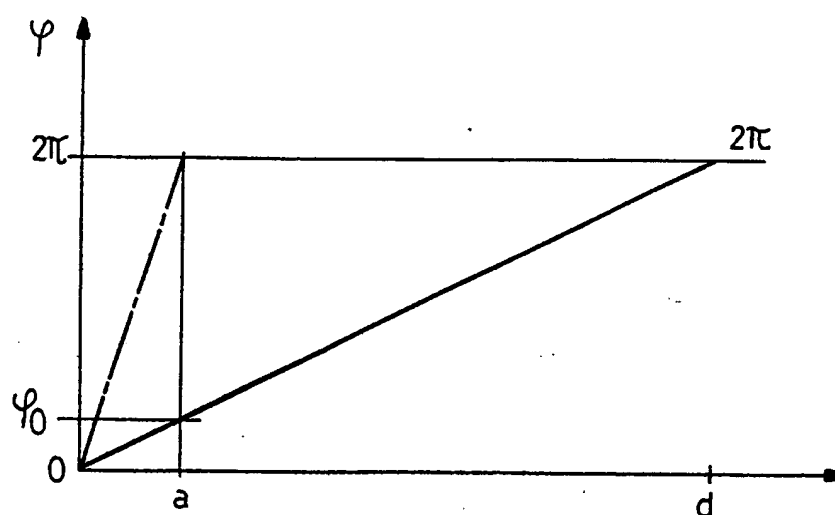
15

20

25

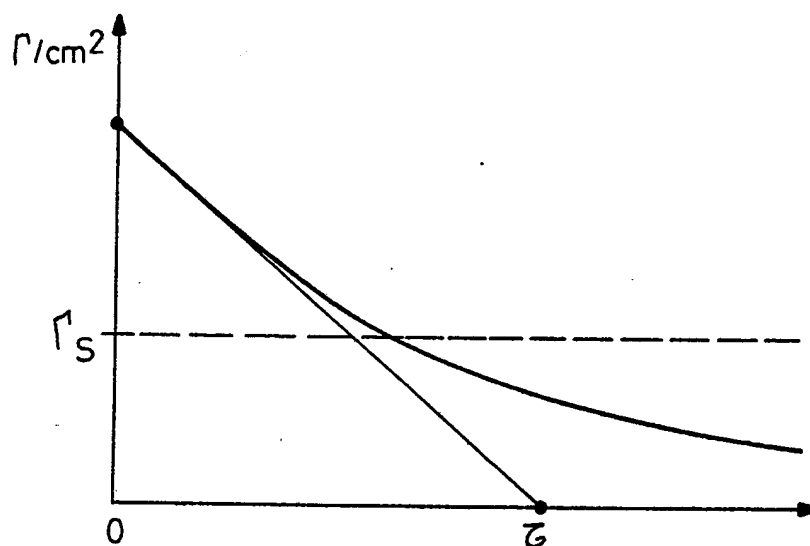
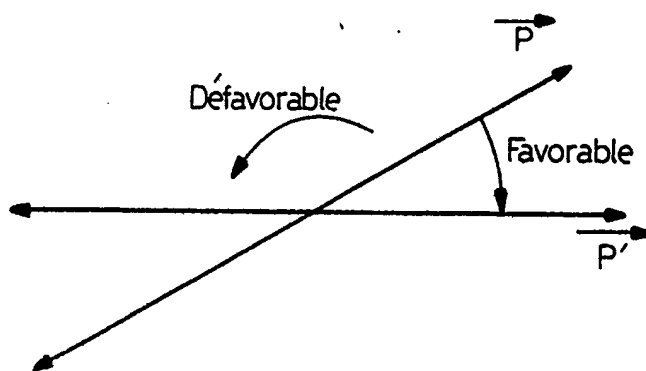
30

1 / 8

FIG.1FIG.2

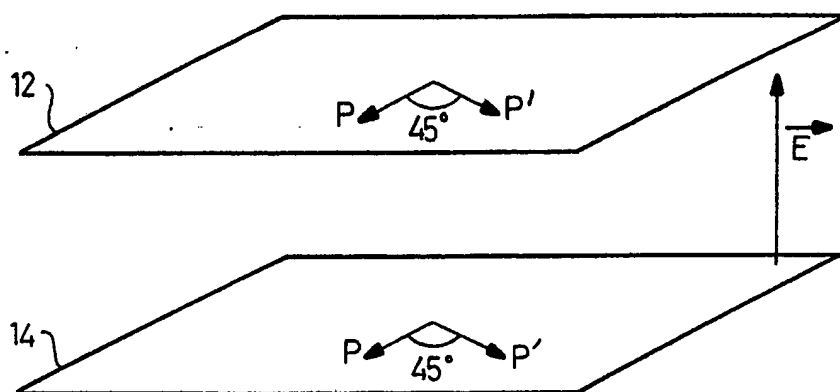
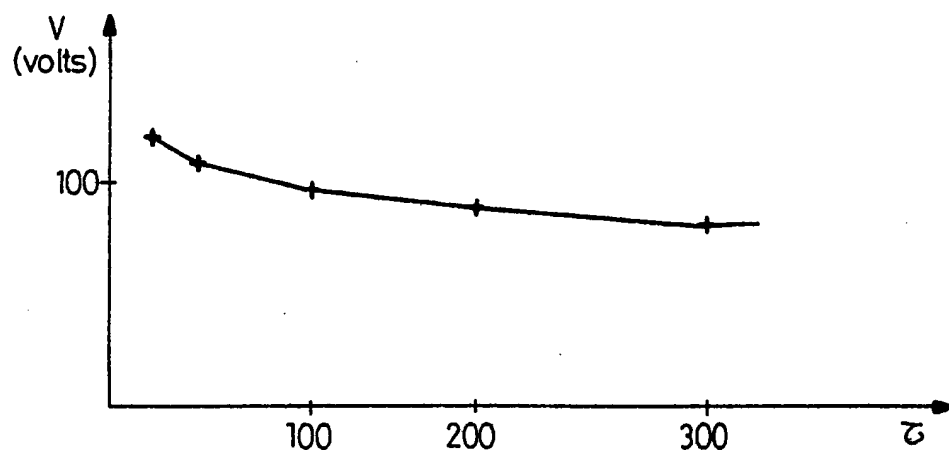
FEUILLE DE REMPLACEMENT

2 / 8

FIG\_3FIG\_4

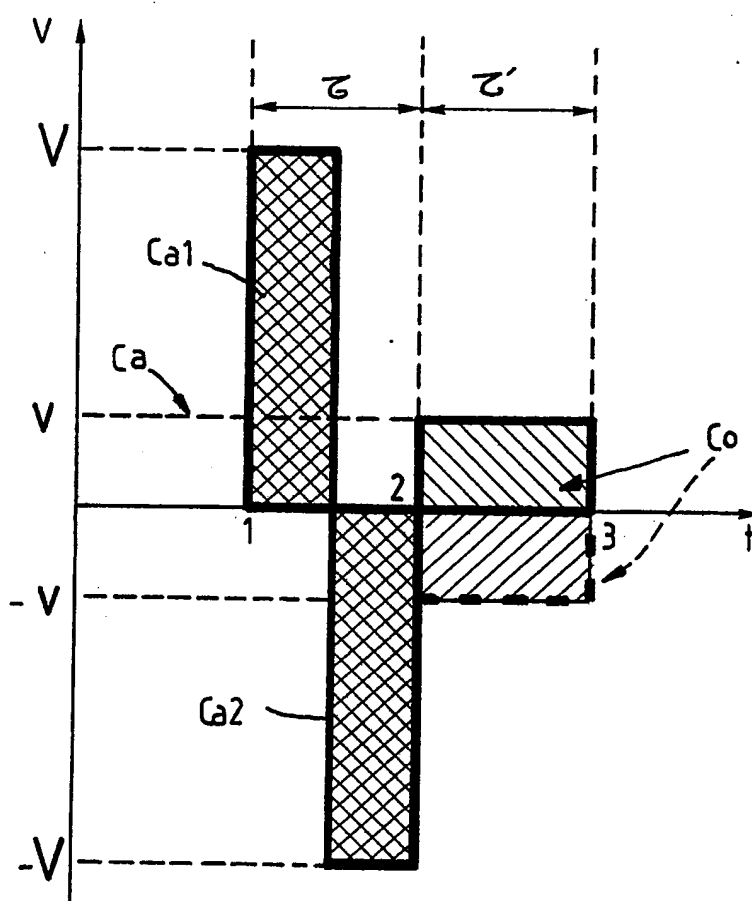
FEUILLE DE REMPLACEMENT

3 / 8

FIG. 5FIG. 6

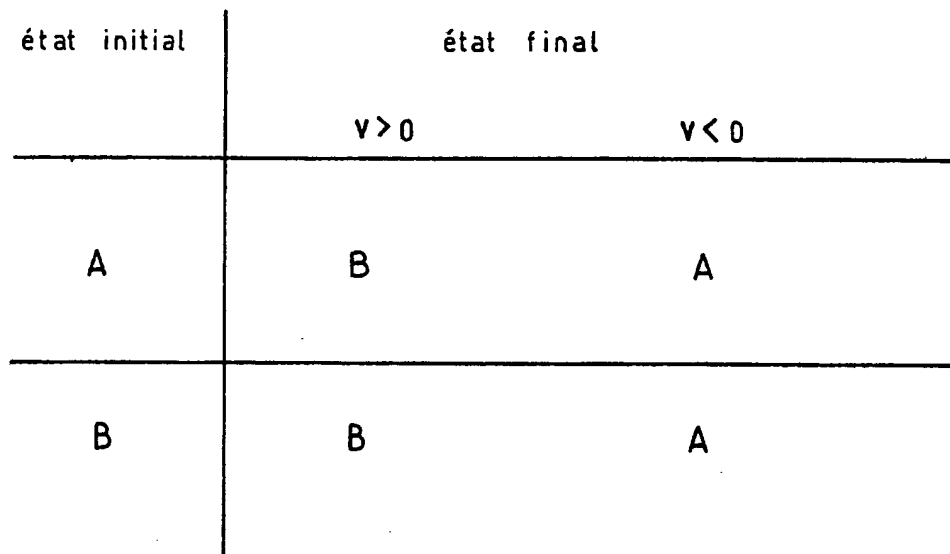
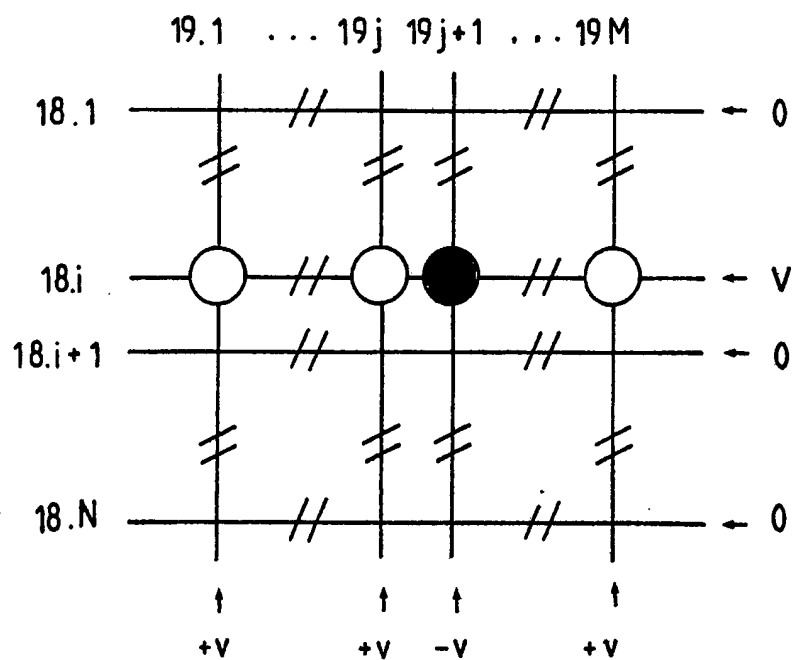
FEUILLE DE REMPLACEMENT

4 / 8

FIG.7

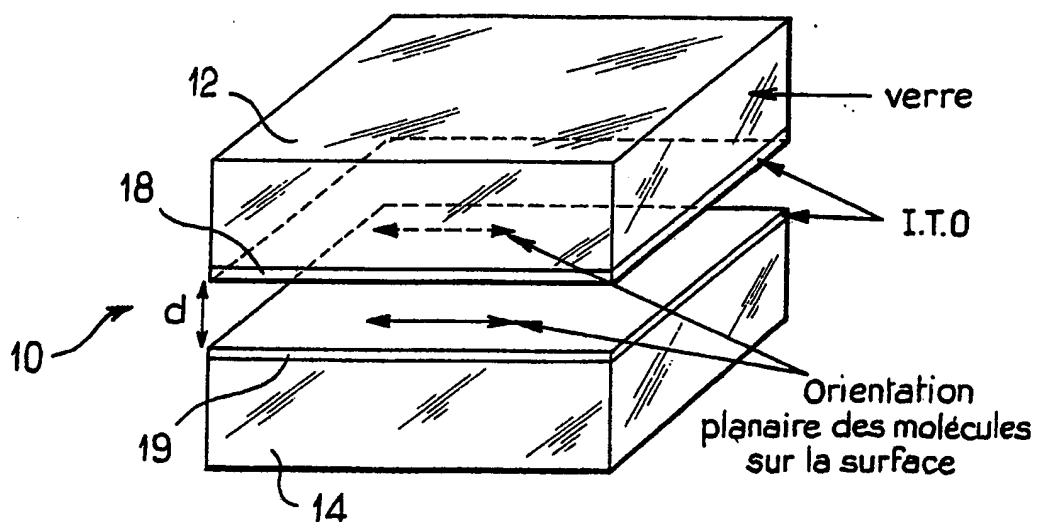
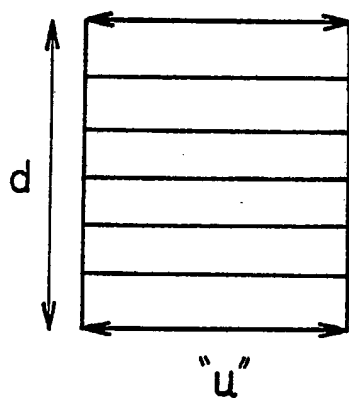
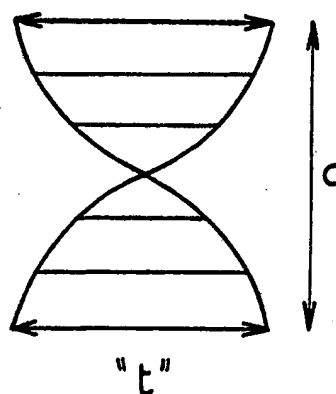
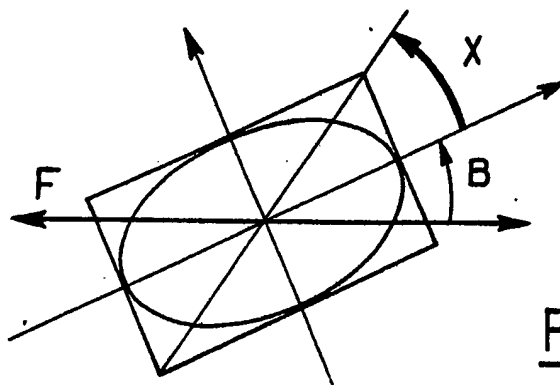
FEUILLE DE REMPLACEMENT

5 / 8

FIG. 8FIG. 9

FEUILLE DE REMPLACEMENT

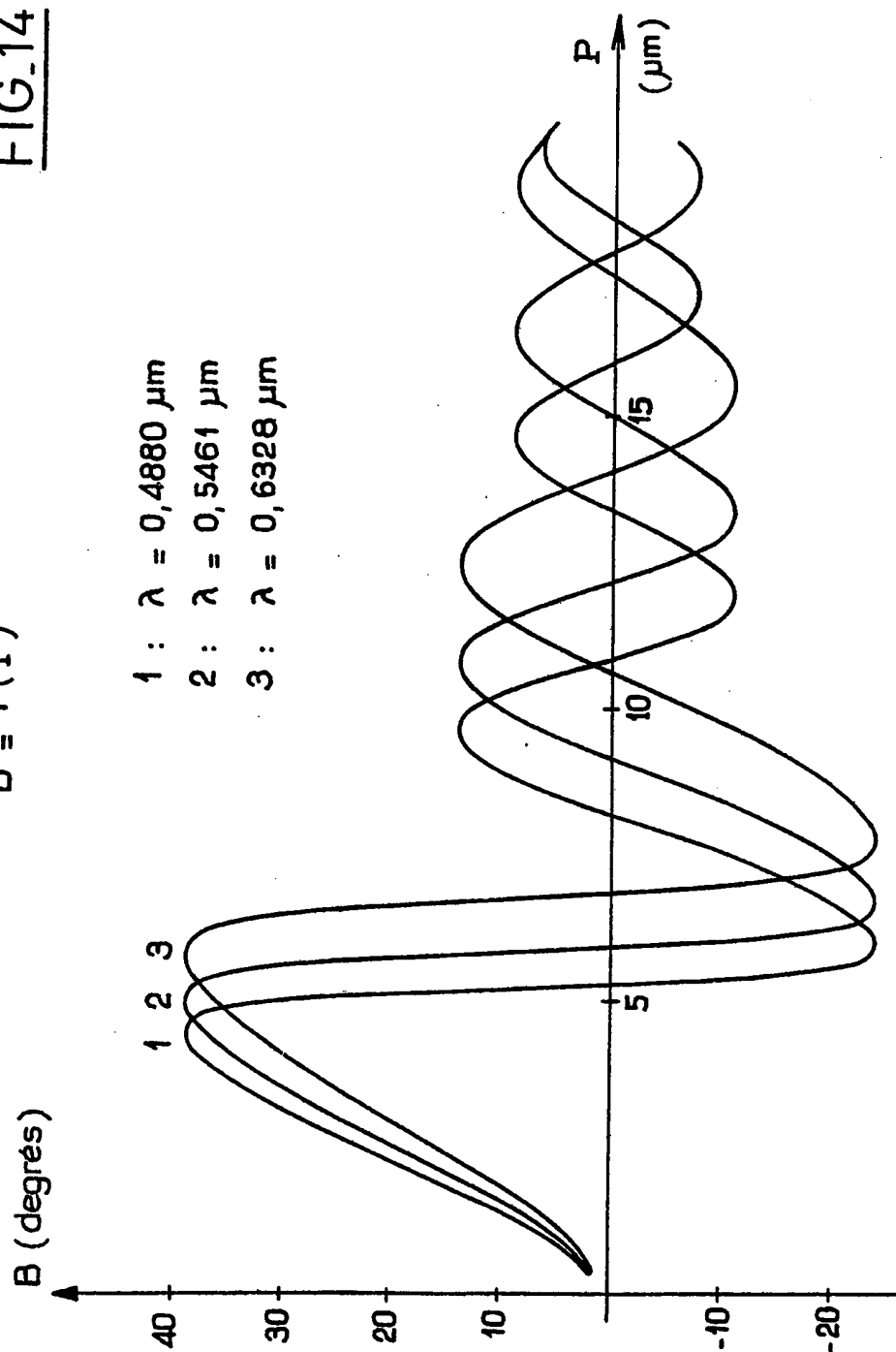
6 / 8

FIG. 10FIG. 11FIG. 12FIG. 13

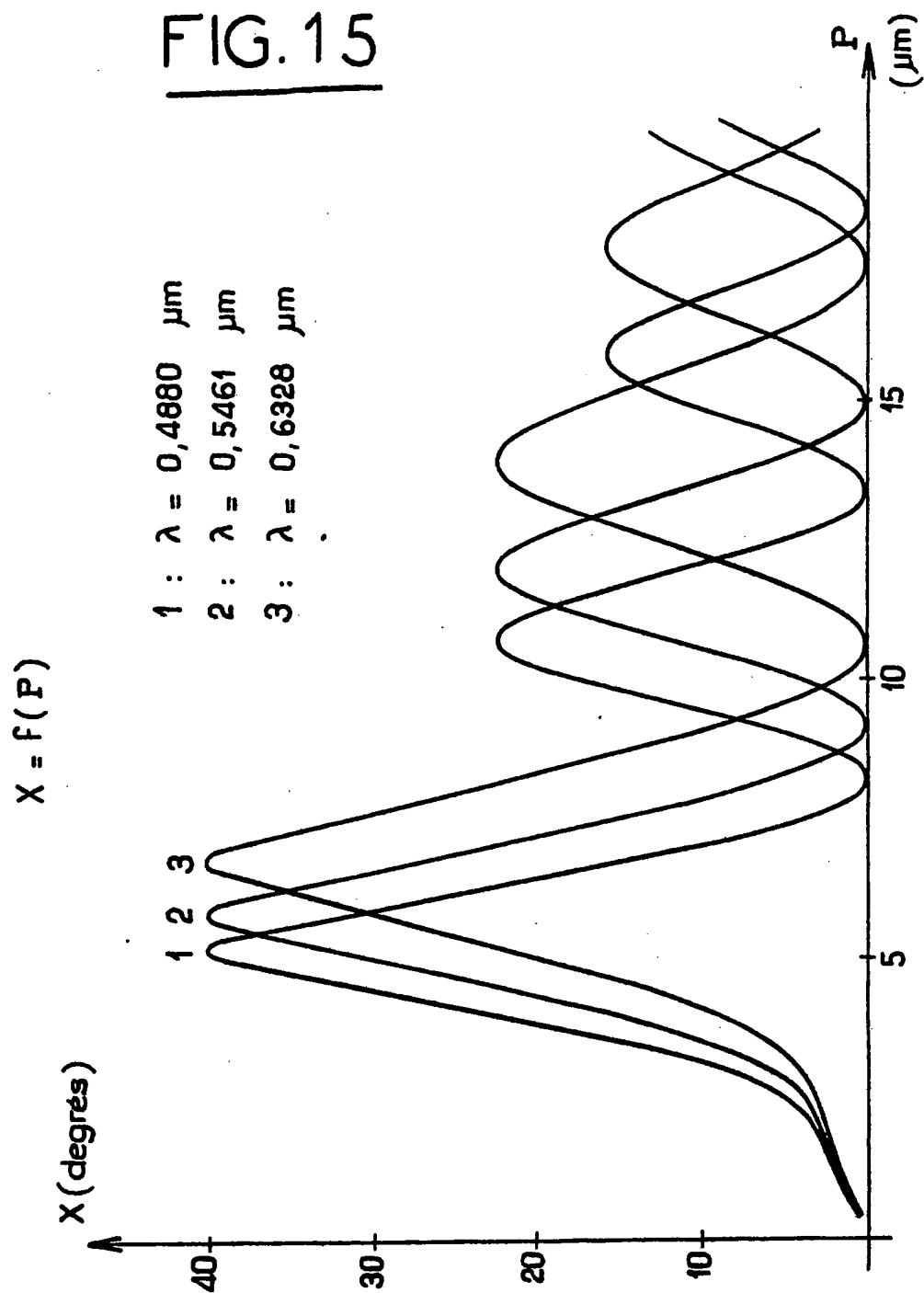
FEUILLE DE REMPLACEMENT



7/8

FIG. 14 $B = f(P)$ 

8 / 8

FIG. 15

FEUILLE DE REMPLACEMENT

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 91/00052

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> G02F 1/137, G02F 3/02, C09R 19/58, G09G 3/36		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>5</sup>	G02F, G09G	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> *		
Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	Journal de Physique, vol. 50, May 1989, Z. Fuliang et al. "Electrochiral effects in nematic liquid crystal-chiral salt mixtures" pages 1099-116, see abstract; paragraphs 1,4.1-4.2,6; table 1 (cited in the application)	1,6-11
A	EP, A, 0203569 (HOSIDEN ELECTRONICS CO.) 3 December 1986 see abstract; page 4, line 15 - page 5, line 19; claims 1-11; figures 2,4	1-2,12-13
A	WO, A, 89/05993 (CNRS) 29 June 1989 see abstract; page 2, line 21 - page 3, line 31; claims 1,3-5,7-8,12 (cited in the application)	1,12-16,19
A	App. Phys. Lett. vol. 36, No. 11 8 June 1980 American Institute of Physics (US) N.A. Clark et al. "Submicrosecond bistable electro-optic switching in liquid crystals" pages 899-901 see abstract (cited in the application)	1,15,19
-- ./.		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>* Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
15 May 1991 (15.05.91)	04 July 1991 (04.07.91)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

II. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with abstract, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	EP, A, 0173246 (HITACHI) 5 March 1986 see abstract; page 18, line 4 - page 20, line 2; figure 16	24-26
A	Conference Record of the 1985 Int. Display Research Conf, S.T. Lagerwall et al. "Ferroelectric Liquid Crystals for Displays" pages 213-221 see paragraph "Matrix addressing" (cited in the application)	24
	-----	

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**


FR 9100052  
SA 44525

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 17/06/91  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0203569	03-12-86	JP-A- 61272719	03-12-86
		US-A- 4836653	06-06-89
WO-A- 8905993	29-06-89	FR-A- 2624985	23-06-89
		EP-A- 0393128	24-10-90
EP-A- 0173246	05-03-86	JP-A- 61052630	15-03-86
		US-A- 4725129	16-02-88

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 91/00052

<b>I. CLASSEMENT DE L'INVENTION</b> (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) <sup>7</sup>		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB <sup>5</sup> : G 02 F 1/137, G 02 F 3/02, C 09 R 19/58, G 09 G 3/36		
<b>II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ</b>		
Documentation minimale consultée <sup>8</sup>		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB <sup>5</sup>	G 02 F, G 09 G	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté <sup>9</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b> <sup>10</sup>		
Catégorie <sup>*</sup>	Identification des documents cités, <sup>11</sup> avec indication, si nécessaire, des passages pertinents <sup>12</sup>	N° des revendications visées <sup>13</sup>
A	Journal de Physique, volume 50, mai 1989, Z. Fuliang et al. "Electrochiral effects in nematic liquid crystal-chiral salt mixtures" pages 1099-116, voir l'abrégé; paragraphe 1,4.1-4.2, 6; tableau 1 cité dans la demande	1,6-11
A	EP, A, 0203569 (HOSIDEN ELECTRONICS CO.) 3 décembre 1986 voir l'abrégé; page 4, ligne 15 - page 5, ligne 19; revendications 1-11; figures 2,4	1-2,12-13
A	WO, A, 89/05993 (CNRS) 29 juin 1989 voir l'abrégé; page 2, ligne 21 - page 3, ligne 31; revendications 1,3-5,7-8,12 cité dans la demande	1,12-16,19   ./.
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><sup>*</sup> Catégories spéciales de documents cités: <sup>11</sup></p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« &amp; » document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
15 mai 1991	04.07.91	
Administration chargée de la recherche internationale OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	Signature du fonctionnaire autorisé  Natalie Weinberg	

III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		
(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées
A	<p>App. Phys. Lett. volume 36, No. 11 8 juin 1980 American Institute of Physics (US) N.A. Clark et al. "Submicrosecond bistable electro-optic switching in liquid crystals" pages 899-901, voir l'abrégé cité dans la demande</p>	1,15,19
A	<p>EP, A, 0173246 (HITACHI) 5 mars 1986 voir l'abrégé; page 18, ligne 4 - page 20, ligne 2; figure 16</p>	24-26
A	<p>Conference Record of the 1985 Int. Display Research Conf, S.T. Lagerwall et al. "Ferroelectric Liquid Crystals for Displays" pages 213-221 voir paragraphe "Matrix Addressing" cité dans la demande</p>	24

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 9100052  
SA 44525

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17/06/91  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A- 0203569	03-12-86	JP-A- 61272719 US-A- 4836653	03-12-86 06-06-89
WO-A- 8905993	29-06-89	FR-A- 2624985 EP-A- 0393128	23-06-89 24-10-90
EP-A- 0173246	05-03-86	JP-A- 61052630 US-A- 4725129	15-03-86 16-02-88

EPO FORM P0472

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**